

Список литературы

1. Иванов С.Н. Технология бумаги. М.: Школа бумаги, 2006.- 696 с.
2. Benavent-Gil Y., Rosell C.M. Morphological and physicochemical characterization of porous starches obtained from different botanical sources and amylolytic enzymes // Int. J. Biol. Macromol. 2017, Vol. 10, pp. 587-595.
3. ИСО 1924-2-85 Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Часть 2. Метод растяжения с постоянной скоростью. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. 12 с.
4. Комаров В.И. Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов. Архангельск, изд-во АГТУ, 2002.- 440 с.
5. Комаров В.И., Казаков Я.В. Анализ механического поведения целлюлозно-бумажных материалов при приложении растягивающей нагрузки / Лесной вестник МГУЛ. 2000. №3 (12). С.52–62.

УДК 676.166

**РАФИНЕРНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ МАССА ИЗ ЛЬНЯНОЙ КОСТРЫ:
СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

Алашкевич Юрий Давыдович,
д-р техн. наук, заведующий кафедрой,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Пен Роберт Зусьевич,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Марченко Роман Александрович,
канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Каретникова Наталья Викторовна,
канд. хим. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Чендылова Лариса Валерьевна,
канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Ключевые слова: лён, льняная костра, солома, макулатура, рафинерная механическая масса, соломенная рафинерная масса, льняная рафинерная масса, макулатурная волокнистая масса, туалетная бумага.

Аннотация. Рафинерная механическая масса (РММ) из льняной костры обладает низкими прочностными свойствами и высокой капиллярной впитываемостью. Установлена возможность замены части макулатурной массы на РММ из льняной костры при производстве туалетной бумаги.

**REFINER MECHANICAL PULP FROM FLAX SHIVE:
PROPERTIES AND FIELD OF USE**

Alashkevich Yuriy Davydovich,
holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, head of the Department,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Pen Robert Zusyevich,
holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, professor,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Marchenko Roman Aleksandrovich,
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Karetnikova Natalia Viktorovna,
Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Chendylova Larisa Valeryevna,
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, E-mail: mapt@sibgtu.ru

Key words: *flax, flax shive, straw, waste-paper, refiner mechanical pulp, refiner straw pulp, refiner flax shive pulp, waste-paper pulp, toilet paper.*

Abstract: *Refiner mechanical pulp (RMP) from flax shive possesses the low durability and high capillary rise. The ascertainment of possibility of the change the part waste pulp of the mass on RMP from flax shive at production of the toilet paper.*

Отходы промышленной переработки однолетних растений (солома различных зерновых культур, отходы переработки волокносодержащих культур в текстильном производстве и т. п.) рассматриваются в качестве перспективного сырья для целлюлозно-бумажного производства. Предпосылки к этому – короткий срок ротации сырья (периодичность – 1 год) и большие количества предлагаемых отходов растительного происхождения в названных выше и других отраслях промышленности и сельского хозяйства.

В начале текущего века посевные площади льна в России составляли примерно 110 тыс. га, а его валовой годовой сбор (в пересчете на волокно) достигал 56 тыс. т. [1]. При переработке стеблей (тресты) на льноперерабатывающих заводах от лубяной волокнистой части отделяется костра в количестве 65...70 %. Её утилизируют различными способами: в производстве утеплителей, наполнителей композиционных материалов и т.п. [1–3]. Имеются публикации о свойствах и возможных областях использования технической целлюлозы из льняной костры [4–7]. Однако существующие способы делигнификации, вследствие сложности технологического цикла, сводят к минимуму те экономические преимущества, которые предполагает низкая стоимость растительного сырья.

Этим обусловлен интерес к альтернативным технологиям, в том числе к производству волокнистых полуфабрикатов высокого и сверхвысокого выхода без использования химикатов или с минимальным их использованием.

Японская компания Тайзен (Taizen Co., Ltd) считает перспективным изготовление волокнистых полуфабрикатов из соломы злаков по технологии, близкой к производству рафи-

нерной механической массы (РММ) и состоящей из ряда операций: замачивания сырья; предварительного размола; варки полученной волокнистой массы с водой при температуре до 100 °С; вторичного размола (информация из рекламных проспектов фирмы). В ходе совместных исследований компании Тайзен, ООО Химические системы (РФ) и ТОО Сабан кагазы (Казахстан) изготовили этим способом небеленый волокнистый полуфабрикат из соломы льна. Его прочностные свойства оказались низкими. Очевидно, что рафинерная механическая масса из льняной костры может быть использована для производства некоторых видов бумажной продукции, только как добавка в смеси с другими, более прочными и относительно дешевыми волокнистыми полуфабрикатами, такими, например, как макулатурная масса.

Цель обсуждаемого исследования – сравнить свойства рафинерной массы из льняной костры с другими волокнистыми полуфабрикатами (из группы «относительно недорогих») и установить возможные области её использования в композиции с этими полуфабрикатами. В качестве последних применяли соломенную РММ и макулатурную массу.

Льняная костра представляла собой отходы производства пакли и утеплителя из льняной тресты. Полидисперсный по фракционному составу материал состоял из частиц длиной 1...10 мм, толщиной 0,3...1,5 мм, с небольшими включениями волокнистой части льна. Массовые доли компонентов в льняной костре, %: целлюлозы (клетчатки) 30,7; лигнина 33,1; пентозанов 28,0; веществ, экстрагируемых горячей водой, 5,4; веществ, экстрагируемых ди-хлорметаном, 4,3; золы 1,7 [6].

Высушенную на воздухе солому пшеницы, заготовленную по окончании вегетационного периода в Емельяновском районе Красноярского края и высушенную на воздухе, предварительно измельчили в универсальной лабораторной дисковой мельнице сухого помола «Рекорд» примерно до тех же размеров частиц, что и льняная костра. Макулатуру марки МС-1А (офисная запечатанная бумага) распустили в лабораторном гидроразбивателе; степень помола волокнистой массы 20 °ШР.

Все перечисленные исходные компоненты размолотили в полупромышленной однодисковой мельнице со стандартной прямолинейной гарнитурой до 45...47 ° ШР при концентрации волокнистой суспензии 1,6 %, частоте вращения диска 1500 мин⁻¹ и зазоре между дисками 0,1 мм. Отливки массой 75 г/м² изготовили на листоотливном аппарате типа Репид-Кетен, сопротивление разрыву определили на динамометре РМБ-30-2М, сопротивление излому – на аппарате системы Шоппер (фирма Drick), капиллярную впитываемость характеризовали высотой поднятия дистиллированной воды по полоске бумаги шириной 15 мм в течение 10 мин. (ГОСТ 12602).

Как показали результаты ранее выполненного химического анализа [6], состав льняной костры заметно отличается не только от древесины, но и от соломы злаковых культур (в контексте – пшеницы): в ней меньше полисахаридов и больше лигнина. При этом отмечены значительные различия в содержании основных компонентов по данным разных авторов [4, 5, 8]. Причиной этого, несомненно, является как естественная природная (сортовая и региональная) изменчивость льна, так и влияние предшествующего техногенного воздействия на сырьё. Свойства волокнистых полуфабрикатов и результаты статистической обработки результатов измерений приведены в табл.1.

По сопротивлению разрыву и излому отливки из макулатурной массы значительно превосходят прочность остальных полуфабрикатов. По сопротивлению разрыву самым низким показателем выделяется льняная масса.

По сопротивлению излому изученные полуфабрикаты, за исключением макулатурной массы, образовали гомогенную группу с очень низким показателем, близким к нулю. Причина низких прочностных свойств рафинерной массы известна: короткое волокно, большое количество лигнина в полуфабрикатах и, как следствие, малая прочность межволоконных сил связи в бумажном листе и рыхлая структура листа.

Таблица 1

Результаты наблюдений (свойства волокнистой массы)
и статистические характеристики

| Характеристики | Исходное сырьё | | |
|---|----------------|--------|------------|
| | костра | солома | макулатура |
| Разрывная длина, м | | | |
| Средние значения, м | 110 | 382 | 2435 |
| Коэффициенты вариации, % | 12,8 | 4,44 | 27,0 |
| Соппротивление излому, число двойных перегибов (ч.д.п.) | | | |
| Средние значения, ч.д.п. | 0 | 1 | 155 |
| Коэффициенты вариации, % | 0 | 141,4 | 6,39 |
| Капиллярная впитываемость, мм | | | |
| Средние значения, мм | 80,5 | 77,0 | 29,5 |
| Коэффициенты вариации, % | 4,4 | 12,8 | 2,4 |

Результаты анализа с очевидностью показали, что использование РММ из льняной костры возможно только для выработки низкопрочной бумажной продукции (например, туалетной бумаги) и только в смеси с другими волокнистыми полуфабрикатами, имеющими лучшие бумагообразующие свойства, в частности – с макулатурной массой. С целью установления зависимости этих свойств от состава смеси, изучаемые полуфабрикаты смешивали в различных соотношениях, согласно симплекс-решетчатому плану (пакет прикладных программ математической статистики Statgraphics Centurion, блок DOE, процедура Mixture, план Simplex-Lattice). Зависимости свойств от состава отливок аппроксимировали уравнениями регрессии второго порядка [9].

На рис.1 результаты моделирования уравнениями регрессии представлены изолиниями свойств трехкомпонентных смесей в барицентрических координатах на треугольных диаграммах «состав – свойство».



Рис.1. Зависимость свойств отливок от состава трехкомпонентных смесей волокнистых полуфабрикатов: А – разрывная длина, м; Б – сопротивление излому, ч.д.п.; В – капиллярная впитываемость, мм

Согласно ГОСТ Р 52354-2005 «Изделия из бумаги бытового и санитарно-гигиенического назначения» бумага туалетная однослойная должна иметь сопротивление разрыву (разрушающее усилие) в сухом состоянии не менее 2,2 Н (соответствующая разрывная длина не менее 250 м) и впитываемость не менее 22 мм. Сопротивление излому и другие прочностные свойства для этого вида бумаги указанным стандартом не нормируются.

По способности отливок впитывать влагу практически все испытанные композиции отвечают предъявляемым требованиям. Учитывая, что предприятия, производящие туалетную бумагу, в настоящее время в качестве сырья используют только макулатуру, для них вполне реальна возможность замены значительной доли макулатуры (вплоть до 80 %) рафинерной

массой из более дешевого сырья – льняной костры, как следует из представленных диаграмм.

Даже композиции из смеси равных долей рафинерной массы из пшеничной соломы и льняной костры способны обеспечить требуемые прочностные и впитывающие свойства однослойной туалетной бумаги, что открывает дополнительные резервы снижения затрат предприятия на сырьё.

Список литературы

1. Живетин В. В., Гинзбург Л. Н., Олышанская О. М.. Лён и его комплексное использование. М.: Информ-Знание, 2002. 400 с.
2. Нугманов О., Лебедев Н., Яруллин Р. Травяная целлюлоза в российских регионах // The Chemical Journal. 2012. №. 9. С. 30-32.
3. Марков В. В. Первичная обработка льна и других лубяных культур. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 375 с.
4. Прусова С.М., Прусов А.Н., Рыжов А.И. Льняное сырьё для получения целлюлозы // Боеприпасы и высокоэнергетические системы. 2010. № 1. С. 63-69.
5. Лён в пороховой промышленности / Под ред. С.И. Григорова. М, 2012. 248 с.
6. Каретникова Н.В., Чендылова Л.В., Пен Р.З. Свойства волокнистых полуфабрикатов из костры льна // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. Архангельск: С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова. 2017. С. 268-272.
7. Каретникова Н.В., Чендылова Л.В., Пен Р.З., Муравицкая А.А. Техническая целлюлоза из костры льна // Решетниковские чтения: материалы XXI Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти акад. М.Ф. Решетнева. В 2 частях. Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2017. Ч. 2. С. 143-144.
8. Большая Российская энциклопедия. М., 2010. Т. 15. С. 472.
9. Пен Р.З. Планирование эксперимента в Statgraphics Centurion.-Красноярск, 2014.-293с.

УДК 661.728

ОБЕССМОЛИВАНИЕ ЛИСТВЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА СТАДИИ ВАРКИ

Хакимова Фирдавес Харисовна,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», г. Пермь, E-mail: tcbp@pstu.ru

Хакимов Роман Рашидович,
канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», г. Пермь, E-mail: tcbp@pstu.ru

Шевелева Софья Андреевна,
магистрант, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», г. Пермь, E-mail: tcbp@pstu.ru

Серебряков Олег Сергеевич,
магистрант, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», г. Пермь, E-mail: tcbp@pstu.ru

Ключевые слова: береза, осина, лиственная целлюлоза, сульфатная варка, ПАВ Не-онол, делигнификация, выход целлюлозы, лигнин, общая смола, «вредная» смола, обессмоливание.